**Journal of Water and Soil**
https://jsw.um.ac.ir



**Research Article**
**Vol. 37, No. 2, May-June 2023, p. 281-293**

# Evaluation of Nutritional Status of Quince Trees (*Cydonia oblonga* Mill.) by Compositional Nutrient Diagnosis Method (CND) in Isfahan Province

**A. Gandomkar Deligani[1], Z. Khanmohammadi[*2], M. Basirat[3]**

| Received: 06-12-2022<br>Revised: 28-01-2023<br>Accepted: 29-01-2023<br>Available Online: 29-01-2023 | **How to cite this article:**<br>Gandomkar, A., Khanmohammadi, Z., & Basirat, M. (2023). Evaluation of nutritional status of quince trees (*Cydonia oblonga* Mill.) by compositional nutrient diagnosis method (CND) in Isfahan province. *Journal of Water and Soil, 37*(2), 281-293. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jsw.2023.79923.1231 |
|---|---|

## Introduction

Quince with the scientific name "*Cydonia oblonga* Mill." is one of the most important horticultural products in the word including Iran. According to the average production from 1994 to 2020, Iran was the fourth largest quince producer in the world. Isfahan province is one of the most important centers of high quality quince production with 2432 hectares of cultivated area and annual production of 25986 tons. Most of the quince orchards are located in the cities of Natanz and Isfahan. Plant nutrition as an important factor in growth, is a function of nutrients and environmental conditions interactions. Assessing the nutritional status of plants is based on precise determination of nutrients and appropriate application method to diagnosis and interpret the results. Various methods have been used to evaluate the nutritional status of the plant, such as the Critical Value Approach (CVA), the Deviation from Optimum Percentage (DOP), the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) and the Compositional Nutrient Diagnosis (CND). The CND method expresses interactions by considering the ratio of one element to the geometric mean of all elements. Then high and low functional groups are separated, by using mathematical and statistical methods and application of cumulative function of the variance ratio of nutrients and the chi-square distribution function. Finally, CND nutrients norms and indices such balance index are calculated step by step. Therefore, considering the importance of the quince production in the country and the lack of sufficient knowledge to determine its nutritional status, the present study was conducted with the aim of investigating the nutritional status of quince trees using the CND method and determining the nutrients norms for this product.

## Materials and Methods

In order to evaluate the nutritional status of quince trees using the CND method, 28 orchards were selected in the cities of Isfahan and Natanz. The orchards were selected such a way that they had different ranges of yield. The geographical location was recorded for each orchard. Then random and composite sampling of leaves was done from branches without fruit in July 2018. Concentration of nitrogen phosphorous, potassium, calcium, magnesium, iron, manganese, zinc, copper and boron was measured in quince leaves. At the end of season, the yield was determined for each orchard. The orchards divided into two groups based on high and low yields. The CND norms, CND nutritional index and nutritional balance index ($r^2$) were computed based on steps of Parent and Dafir. The balance index of nutritional elements ($r^2$) was calculated by Keith-Nilson method based on the Chi-square statistical distribution function ($K^2$) in Excel software.

## Results and Discussion

1 and 2- Scientific Staff and Assistant Professor, Departments of Soil and Water Research, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Isfahan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Z.khanmohamadi@areeo.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Soil Chemistry, Fertility and Plant Nutrition Researches, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
DOI: 10.22067/jsw.2023.79923.1231

According to results of cumulative distribution function of nutrient variance and considering the yield of 23 tons per hectare as the intermediate yield, 25% of the studied orchards were in the high yield group and 75% of the orchards were in the low yield group. After solving the third–rank cumulative function equations of the studied nutrients, the highest yield was obtained for potassium Fci (VK) = 21.98 and the lowest value was for nitrogen Fci (VN) = 15.37. CND standard norms of nutrients and residual value were described as: V*N= 2.91, V*P= 1.39, V*K= 2.91, V*Ca= 2.13, V*Mg= 1.35, V*Fe= -2.01, V*Mn= -3.12, V*Zn= -3.97, V*Cu= -4.85, V*B= -3.51 and V*Rd= 6.78. The CND nutrient index revealed that potassium and nitrogen had the most negative index among macronutrients in the low-yield orchard group. The low amount of soil organic matter and the high presence of sand can contribute to the negative nitrogen index. Among the micronutrients, the iron index was negative in 67.7% of the low-yield orchards. Zinc and copper had the next highest nutritional requirements in most orchards. The presence of calcareous conditions in the soil of the studied orchards may be one of the reasons for this observation. The estimation of the nutritional balance index indicated that the r2 value in orchards with low yield was 60.3% higher than that in high-yield orchards.

## Conclusion

CND nutritional balance index ($r^2$), specially in orchards with low yield was more than zero (20.85), indicating nutritional imbalance in these orchards. Proper management and balanced application of chemical fertilizers should be considered. This can increase the yield and quality of quince production.

**Keywords**: Nutritional balance, Quince tree, Standard norms

**نشریه آب و خاک**
https://jsw.um.ac.ir

**مقاله پژوهشی**

جلد ۳۷، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۴۰۲، ص. ۲۹۳-۲۸۱

# ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای باغات به (*Cydonia oblonga* **Mill.**) با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) در استان اصفهان

**اکبر گندمکار[۱]- زهرا خان محمدی[۲*]- مجید بصیرت[۳]**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۹

## چکیده

یکی از روش‌های مهم برای تفسیر نتایج تجزیه شیمیایی برگ و بررسی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان، روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) است. این پژوهش با هدف ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای باغات (به) و برآورد اعداد مرجع (نرم‌های) عناصر غذایی برای این محصول در ۲۸ باغ از شهرستان های اصفهان و نطنز انجام شد. نمونه‌های مرکب از برگ‌های با رشد کامل بهاره درختان و از شاخه‌های بدون میوه، در تیرماه سال ۱۳۹۸ جمع‌آوری و غلظت عناصر نیتروزن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور در آن‌ها اندازه گیری شد. در پایان فصل، عملکرد در هر باغ مشخص شد. سپس با استفاده از روش CND و با کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی، اعداد مرجع (نرم) و شاخص‌های عناصر غذایی CND تعیین شدند. بر اساس نتایج حاصل از تابع توزیع تجمعی واریانس و با در نظر گرفتن عملکرد ۲۳ تن در هکتار به عنوان عملکرد حدواسط، ۲۵ درصد باغات مورد مطالعه در گروه با عملکرد زیاد و ۷۵ درصد باغات در گروه با عملکرد کم قرار گرفتند. پس از حل معادلات تابع تجمعی درجه سوم مربوط به عناصر غذایی مورد مطالعه، بیشترین عملکرد برای عنصر پتاسیم ۲۱/۹۸= $F^{c}_{i}(V_K)$ و کم‌ترین مقدار آن برای عنصر نیتروژن ۱۵/۳۷= $F^{c}_{i}(V_N)$ به دست آمد. اعداد مرجع CND برای عناصر غذایی و قسمت باقیمانده به شرح $V^*_N$=۲/۹۱، $V^*_P$=۱/۳۹، $V^*_K$=۲/۹۱، $V^*_{Ca}$=۲/۱۳، $V^*_{Mg}$=۱/۳۵، $V^*_{Fe}$=−۲/۰۱، $V^*_{Mn}$= −۳/۱۲، $V^*_{Zn}$=−۳/۹۷، $V^*_{Cu}$=−۴/۸۵، $V^*_B$=−۳/۵۱ و $V^*_{Rd}$=۶/۷۸ به دست آمد. در بین عناصر غذایی پرمصرف پتاسیم و نیتروژن و در بین عناصر غذایی کم‌مصرف آهن و روی منفی‌ترین شاخص را به خود اختصاص دادند و بیشترین الویت نیاز غذایی متعلق به آن‌ها بود. میانگین شاخص تعادل تغذیه‌ای ($r^2$) در باغات با عملکرد کم (۲۰/۸۵) بسیار بزرگتر از صفر بود که نشان دهنده عدم تعادل تغذیه‌ای در این باغات است.

**واژه‌های کلیدی:** اعداد مرجع، به، تعادل تغذیه‌ای

## مقدمه

به با نام علمی *Cydonia oblonga* Mill. از گیاهان تجاری خانواده Rosaceae است و بومی قفقاز و آسیای مرکزی می‌باشد. در حال حاضر این درخت در تمامی قاره‌ها در مناطق معتدله گرم و مناطق معتدل کاشته می‌شود (Postman, 2012). طبق میانگین تولید از سال ۱۹۹۴ تا سال ۲۰۲۰ ایران چهارمین تولیدکننده (به) در جهان بوده است. سطح زیر کاشت (به) در ایران در سال ۱۳۹۹ حدود ۱۱۲۲۸ هکتار و میزان تولید آن حدود ۹۱۱۰۳ تن بوده است (Anonymous, 2021). میزان تولید نهال شناسه دار (به) در کشور در سال ۱۳۹۵ حدود ۴۵۹۵۱۰ اصله بوده است و پنج استان برتر از نظر تولید نهال (به) در سال ۱۳۹۵

۱ و ۲- به‌ترتیب محقق و استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Z.khanmohamadi@areeo.ac.ir)
۳- استادیار بخش تحقیقات شیمی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه؛ موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
DOI: 10.22067/jsw.2023.79923.1231

شامل اصفهان، فارس، مازندران، کرمان و البرز بودند (Anonymous, 2016). بر اساس اطلاعات آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۹، استان اصفهان با ۲۴۳۲ هکتار سطح زیر کشت و تولید سالانه ۲۵۹۸۶ تن میوه، از مهمترین مراکز تولید میوه (به)، با کیفیت بسیار خوب در کشور است. بیشتر باغات (به) در این استان در شهرستان‌های نطنز و اصفهان واقع شده است (Anonymous, 2021). تغذیه گیاه به عنوان یک عامل مهم در رشد، تابعی از اثرات متقابل عناصر غذایی و شرایط محیطی است. بنابراین تعیین دقیق عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نیازمند روش علمی مبتنی بر اندازه‌گیری است تا به کمک آن میزان کمبود عناصر غذایی تعیین گردد (Daryashenas and Rezai, 2011). برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه روش های مختلفی از جمله روش غلظت بحرانی[1] (CVA)، انحراف از درصد بهینه[2](DOP)، روش تلفیقی تشخیص و توصیه[3] (DRIS) و روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی[4] (CND) مورد استفاده قرار گرفته است (Feyzizadeh and Samadi, 2016; Daryashenas and Dehghani, 2006). در این روش‌ها به عدم تعادل عناصر غذایی در گیاه رتبه‌ای داده می‌شود و در نهایت اهمیت عناصر در تغذیه متعادل برای آن محصول و در منطقه مورد مطالعه مشخص می‌گردد. در هر یک از این روش‌ها نرم‌هایی برای هر یک از عناصر تعیین می‌گردد. در حقیقت نرم‌ها برای هر عنصر غذایی بسته به فراوانی کمبود آن عنصر رتبه‌بندی می‌گردد. تفسیر نتایج به روش غلظت بحرانی بصورت محدوده کمبود، کافی و زیاد بیان می‌شود که هر کدام از این محدوده‌ها بصورت ارقام مرجع (نرم‌ها) برای سنین معینی از رشد با وسعت زیادی از غلظت عناصر غذایی ارائه شده است. در این روش اثرات متقابل عناصر در درون محدوده‌های وسیع غلظت ها مستتر بوده و قابل تفکیک نیست. در روش DRIS با در نظر گرفتن نسبت دو عنصری (dual-ratio) نظیر N/P یا N/K تا حدود زیادی اثرات متقابل عناصر منظور شده است. یکی از روش‌های نسبتا جدید برای بررسی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان، روش CND است که اولین بار به وسیله پرنت و دفیر (Parent and Dafir, 1992) ارائه شد. این روش با در نظر گرفتن نسبت یک عنصر به همه عناصر(multi- ratio) و استفاده از روش‌های ریاضی و آماری، اثرات متقابل عناصر را بیان می دارد. در سامانه CND وضعیت هر عنصر غذایی نسبت به میانگین هندسی تمام عناصر محاسبه می‌گردد (Hernandez-Caraballo *et al*., 2008)؛ با کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و تابع توزیع مربع کای، گروه‌های عملکردی زیاد و کم از یکدیگر تفکیک می شوند و بعد شاخص‌های CND عناصر غذایی به روش گام به گام محاسبه می‌شوند (Khiari *et al*. 2001a,b). با کمک این روش می توان وضعیت تغذیه‌ای گیاه را شناسایی و استراتژی کودی را تعیین نمود. در سال‌های اخیر پژوهش‌هایی به منظور بررسی وضعیت محصولات باغی با استفاده از روش CND انجام شده است. زندی و همکاران (Zandi *et al*. 2021) در پژوهشی به بررسی اثر مدیریت های مختلف کودی بر وضعیت تغذیه‌ای سیب با روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که بر اساس روش تجزیه واریانس کیت-نلسون، عملکرد میوه ۸/۷۵ کیلوگرم در هر درخت به عنوان عملکرد میوه بحرانی برای تفکیک دو گروه با عملکرد میوه کم و زیاد انتخاب شد. در گروه با عملکرد میوه کم تیمارهای شاهد، کود دامی و کمپوست و در گروه با عملکرد میوه زیاد تیمارهای تلفیقی، کود شیمیایی و بیوچار قرار گرفتند. همچنین در گروه با عملکرد میوه زیاد میانگین اعداد مرجع برای نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ مثبت و برای فسفر، آهن، روی، مس و منگنز برگ منفی بودند. بررسی شاخص تعادل عناصر غذایی، عدم تعادل عناصر غذایی در مدیریت‌های کودی مختلف را نشان داد. گیکلویی و همکاران (Geiklooi *et al*., 2021) در پژوهشی به منظور بررسی وضعیت تغذیه‌ای مزارع گندم شرکت کشت و صنعت مغان استان اردبیل از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) استفاده نمودند. بر اساس شاخص‌های CND به دست‌آمده در این پژوهش، عنصر روی محدودکننده‌ترین عنصر غذایی در تغذیه گندم بود و پس از آن عناصر مس، آهن، منگنز و بور قرار گرفتند. همچنین عناصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر به ترتیب در گندم زیادبود داشتند. در این پژوهش عملکرد نقطه عطف، برابر با ۴۲۳۲ کیلوگرم در هکتار به عنوان معیار جداسازی گروه‌های با عملکرد کم و زیاد از یکدیگر در نظر گرفته شد. بر این اساس ۴۴/۸ درصد از نمونه‌ها در گروه با عملکرد زیاد قرار گرفتند. حسینی و همکاران (Hosseini *et al*. 2020) نیز وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های لیموترش در هرمزگان را با روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج، کمبود عناصر نیتروژن، پتاسیم و منگنز محدودکننده‌های عمده تولید لیموترش در باغ های هرمزگان بودند. به علاوه زیادی عناصر فسفر، کلر، آهن و بور نیز تأثیر نامطلوبی بر عملکرد محصول لیمو داشت. در این پژوهش غلظت بهینه عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، مس، بور و کلر در برگ لیموترش باغ‌های مورد مطالعه تعیین شد. طبق نتایج به دست آمده در این باغ‌ها مصرف عناصر نیتروژن، منگنز و پتاسیم باید در اولویت قرار گیرد. نتایج پژوهش دیگری با هدف مقایسه وضعیت عناصر غذایی در ارقام مختلف زیتون با استفاده از شاخص‌های DOP، DRISو CND نشان داد که در بین عناصر پرمصرف، پتاسیم و از عناصر کم مصرف، منگنز زیادبود داشتند. همچنین رقم مانزانیلا اختلاف معنی‌داری با سایر ارقام داشت و در جذب عناصر مؤثرتر بود. مقایسه نتایج هر یک از شاخص‌های DOP، DRIS و CND نیز نشان دهنده رویکرد متفاوت هر شاخص در نشان دادن میزان کمبود یا زیادبود

1- Critical value approach
2- Deviation from optimum percentage
3- Diagnosis and recommendation integrated system
4- Compositional nutrient diagnosis

عناصر بود (Taheri *et al*., 2010). در پژوهش دیگری شریف‌مند و همکاران (Sharifmand *et al*., 2018) وضعیت تغذیه‌ای کدو را با روش CND در ۱۲۲ مزرعه در منطقه خوی مورد بررسی قرار داده و نرم‌های عناصر غذایی را تعیین نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که بین مزارع با عملکرد زیاد و کم از لحاظ غلظت عناصر غذایی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بر اساس شاخص CND عناصر پتاسیم و روی منفی‌ترین شاخص‌ها مربوط به عناصر پتاسیم و روی بود. شاخص‌های تعادل تغذیه‌ای در مزارع با عملکرد کم بزرگتر از صفر به دست آمد که نشان‌دهنده عدم تعادل عناصر غذایی در این مزارع بود. بصیرت و همکاران نیز (Basirat *et al*., 2011) در بررسی اعداد مرجع عناصر غذایی برای انگور رقم شاهرودی با استفاه از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی در ۵۴ باغ مورد مطالعه دریافتند که بر اساس مدل کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی، ۲۴ درصد از باغ ها در گروه عملکرد زیاد و ۷۶ درصد از باغ ها در گروه با عملکرد کم قرار گرفتند. این پژوهشگران میانگین عملکرد مطلوب ۳۳/۷۸ تن در هکتار را به عنوان عملکرد هدف تعیین نمودند.

با بررسی تغییرات غلظت عناصر غذایی در عملکردهای کم و زیاد در شرایط منطقه‌ای می‌توان وضعیت تغذیه‌ای هر منطقه را مورد ارزیابی و مقایسه قرار داد و نشان داد در عملکرد مطلوب چه شاخص‌هایی باید اصلاح گردد (Daryashenas and Saghafi, 2011; Motalebifard, 2022). همانطور که در ابتدا بیان شد ایران چهارمین تولیدکننده (به) در جهان بوده و استان اصفهان از تولیدکنندگان مهم (به) در کشور است. با این حال بر اساس بررسی منابع تا کنون پژوهش مناسبی درباره بررسی وضعیت تغذیه‌ای باغات (به) انجام نشده است. بنابراین با توجه به اهمیت تولید به در استان اصفهان، پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت تغذیه‌ای درختان (به) با استفاده از روش CND و تعیین نرم‌های استاندارد عناصر غذائی برای این محصول انجام شد.

## مواد و روش‌ها

جهت تعیین وضعیت تغذیه‌ای درختان (به) در شهرستان های اصفهان و نطنز با استفاده از روش CND، تعداد ۲۸ باغ در این مناطق انتخاب شد. باغ‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شدند که از لحاظ عملکرد با یکدیگر متفاوت باشند و شامل دامنه باغ‌های با عملکرد مطلوب، عملکرد متوسط و عملکرد پایین بودند. برای هر باغ پرسشنامه‌ای تکمیل گردید که در آن اطلاعات مدیریتی و جغرافیایی (GPS) باغ درج شد. باغ‌ها از لحاظ ویژگی‌های خاک تقریبا وضعیت عمومی یکسانی داشتند، اما محدودیت‌های غالب منطقه را نیز شامل می‌شدند. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری‌شده در جدول ۱ نشان داده شده است. هدایت الکتریکی و pH در عصاره گل اشباع (Page *et al*, 1982)، بافت خاک به روش هیدرومتر (Gee and Bauder, 1982)، نیتروژن کل به روش کلدال (Bremner and Mulvaney, 1982) و فسفر قابل دسترس خاک به روش اولسن اندازه‌گیری شد (Olsen and Sommers, 1982). پتاسیم قابل دسترس خاک با استفاده از استات آمونیوم عصاره‌گیری شده و با فلیم فتومتر قرائت شد (Knudsen *et al*, 1982). کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر با اسید کرومیک و تیتراسیون برگشتی با فروسولفات آمونیوم اندازه‌گیری شد (Nelson and Sommers, 1982). کربنات کلسیم به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتراسیون و گچ خاک به روش استون اندازه‌گیری شد (Nelson, 1982). برای تعیین شکل قابل دسترس آهن، روی، مس و منگنز در خاک عصاره‌گیری با استفاده از DTPA ۰/۰۰۵ مولار انجام شد (Lindsay and Norvell, 1978).

سپس نمونه‌برداری تصادفی و مرکب از برگ‌های با رشد کامل بهاره درختان و از شاخه‌های بدون میوه، در تیرماه سال ۱۳۹۸ انجام شد. نمونه‌های برگ پس از شستشو با آب مقطر، در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شد. نمونه‌ها آسیاب و به روش اکسیداسیون تر هضم گردید (Issac, 1990). سپس نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال، فسفر کل در محلول با استفاده از روش رنگ‌سنجی (مولیبدات- وانادات) در طول موج ۴۷۰ نانومتر، پتاسیم کل به روش نشر شعله با دستگاه فلیم فتومتر، غلظت کل آهن، روی، مس و منگنز با روش جذب اتمی اندازه‌گیری شد. بور نیز پس از هضم خشک، به روش رنگ‌سنجی (آزومتین-H) در طول موج ۴۳۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Khanmohammadi *et al.*, 2010). به‌علاوه عملکرد تولید میوه نیز در باغات انتخاب شده در مهرماه (در درختانی که نمونه برگ از آن‌ها تهیه شده بود) اندازه‌گیری شد.

**جدول ۱- دامنه ویژگی‌های شیمیایی خاک باغات مورد مطالعه**

**Table 1- Concentration range of some soil chemical characteristics of studied orchards**

| ویژگی<br>Property | واحد<br>Unit | کمینه<br>Minimum | بیشینه<br>Maximum | میانگین<br>Average | انحراف معیار<br>Standard deviation |
|---|---|---|---|---|---|
| هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع<br>Electrical conductivity of saturated paste extract ($EC_e$) | $dS\ m^{-1}$ | 0.5 | 18.5 | 4.7 | 4.5 |
| پ هاش عصاره گل اشباع (pH of saturated paste extract) | - | 6.7 | 8.13 | 7.42 | 0.32 |
| کربنات کلسیم معادل Calcium carbonate equivalent ($CaCO_3$) | % | 14 | 45.5 | 30.5 | 8.64 |
| شن (Sand) | % | 20 | 80 | 58.65 | 15.08 |
| سیلت (Silt) | % | 10 | 60 | 25.77 | 12.37 |
| رس (Clay) | % | 6 | 32 | 15.89 | 7.01 |
| گچ Gypsum ($CaSO_4$) | % | 0 | 25.3 | 7.3 | 5.01 |
| کربن آلی Organic carbon (OC) | % | 0.5 | 2.1 | 1.13 | 0.44 |
| فسفر Phosphorus (P) | $mg\ kg^{-1}$ | 1.2 | 103.2 | 25.2 | 26.8 |
| پتاسیم Potassium (K) | $mg\ kg^{-1}$ | 200 | 1030 | 412 | 185.6 |
| آهن Iron (Fe) | $mg\ kg^{-1}$ | 0.16 | 6 | 0.91 | 3.9 |
| روی Zinc (Zn) | $mg\ kg^{-1}$ | 0.48 | 9.6 | 3.32 | 2.3 |
| منگنز Manganese (Mn) | $mg\ kg^{-1}$ | 0.17 | 17.7 | 4.2 | 1.42 |
| مس Copper (Cu) | $mg\ kg^{-1}$ | 0.15 | 6.1 | 1 | 1.05 |

## روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)

با استفاده از داده‌های غلظت عناصر غذایی برگ و عملکرد، اعداد مرجع به کمک روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) محاسبه شد. در این روش کل ترکیبات بافت گیاهی شامل عناصر غذایی (بخش اصلی یا $S_d$) و یک بخش باقیمانده ($R_d$) در نظر گرفته می‌شود که مجموع آنها برابر ۱۰۰ شده و بر حسب درصد بیان می‌گردد (رابطه ۱) (Parent and Dafir, 1992). d در واقع نماینده تعداد عناصر غذایی است:

رابطه ۱ $$S_d\ (N + P + K + \cdots) + R_d = 100$$

به منظور استفاده از روش CND در این پژوهش، ابتدا عملکردهای اندازه‌گیری شده در باغات (به) از زیاد به کم مرتب گردید و بعد میانگین هندسی (G) عناصر غذایی (رابطه ۲) و نیز نسبت لگاریتم طبیعی عناصر غذایی به میانگین هندسی (رابطه ۳) محاسبه شد:

رابطه ۲ $$G = [N.P.K \dots R_d]^{1/(d+1)}$$

رابطه ۳ $$V_N = \ln\left(\frac{N}{G}\right).\ V_P = \ln\left(\frac{P}{G}\right).\ V_K = \ln\left(\frac{K}{G}\right) \dots . V_{R_d} = \ln\left(\frac{R_d}{G}\right)$$

رابطه ۴ $$V_N + V_P + V_K + \cdots V_{R_d} = 0$$

بر اساس رابطه ۳، V در واقع بیانگر نسبت لگاریتم طبیعی هر عنصر به کل ترکیبات گیاهی (عناصر+ باقیمانده) است. از آنجا که مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد ۱۰۰ است، مجموع نسبت لگاریتم طبیعی عناصر با احتساب مقدار لگاریتم طبیعی باقیمانده ترکیبات ($R_d$) برابر صفر خواهد بود (رابطه ۴). در واقع پارامتر V برای عناصر غذائی با عملکرد زیاد بیانگر غلظت مطلوب بوده و به عنوان اعداد مرجع روش تشخیص چندگانه (CND) در نظر گرفته شد. این پارامتر برای عناصر مختلف معمولاً به شکل $V^*_N$، $V^*_P$، $V^*_K$ و $V^*_{Rd}$ بیان می شود. سپس غلظت هر عنصر غذایی در گیاه با غلظت مطلوب (نرم‌های CND) استاندارد و شاخص عناصر غذایی CND یا ($I_X$) بدست آمد (رابطه ۵)

رابطه ۵ $$I_X = \frac{V_X - V_X^*}{SD_X^*}$$

در رابطه ۵، $V^*_X$، $SD^*_X$ به ترتیب میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتم طبیعی عناصر غذایی هستند که بعنوان اعداد مرجع CND به حساب می‌آیند. $V_X$ نیز نسبت لگاریتمی مربوط به نمونه مطالعاتی و $I_X$ شاخص عنصر غذایی یا عناصر باقیمانده است. سپس با استفاده از مقادیر $I_X$، مقدارشاخص بحرانی عناصر غذایی ($I^2_X$) به دست آمد. در مرحله بعد، از مجموع مربعات شاخص های عناصر غذایی به عنوان شاخص تعادل عناصر غذایی یا $r^2$ (رابطه ۶) محاسبه شد:

رابطه ۶ $$r^2 = I_N^2 + I_P^2 + I_K^2 + \cdots + I_{R_d}^2$$

از لحاظ تئوری، هرچه مقدار شاخص تعادل غذایی CND ($r^2$) به عدد صفر نزدیکتر شود، تعادل عناصر غذایی در شرایط بهتری قرار دارد. به منظور تفکیک گروه‌های عملکردی کم و زیاد از یکدیگر، ابتدا واریانس مقادیر ($V_X$) برای هر عملکرد محاسبه شد. سپس نسبت واریانس مقادیر عملکردها بر اساس رابطه ۷ به دست آمد:

رابطه ۷ $$F_i(V_x) = \frac{V_{xn1}}{V_{xn2}}$$

تابع تجمعی نسبت واریانس محاسبه (رابطه ۸) و سپس رابطه تابع

تجمعی نسبت واریانس با عملکرد (رابطه ۹) ترسیم شد. این رابطه یک معادله درجه ۳ است که با حل معادله حاصل از مشتق دوم آن (رابطه ۱۰)، نقطه عطف منحنی (-b/3a) یا همان عملکرد حد واسط برای هر عنصر غذایی بین گروه عملکردی کم و زیاد به دست آمد. این پارامتر برای d+1 عنصر قابل محاسبه است.

رابطه ۸
$$F_i^c = \frac{\sum_{i=1}^{n_1-1} f_i(V_x)}{\sum_{i=1}^{n-3} f_i(V_x)}$$

رابطه ۹
$$F_i^c(V_X) = aY^3 + bYy^2 + cY + d$$

رابطه ۱۰
$$\frac{\partial^2 F_i^c(V_x)}{dY^2} = 6ay + 2b = 0$$

در نهایت و بر اساس اصول تعیین اعداد مرجع به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)، غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد به عنوان عدد مرجع یا همان حد بهینه عناصر غذایی در نظر گرفته شد (Parent and Dafir, 1992; Chakerolhosseini *et al*., 2016).

## نتایج و بحث

دامنه غلظت عناصر غذایی در برگ باغات مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. نقاط عطف برآورد شده از مشتق دوم رابطه تابع تجمعی نسبت واریانس با عملکرد (-b/3a) برای ۱۰ عنصر غذایی و ترکیبات باقی‌مانده در جدول ۳ نشان داده شده است. مقدار نقطه عطف منحنی (-b/3a) یا همان عملکرد حد واسط برای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس، بور و عناصر باقی‌مانده به ترتیب برابر با ۱۵/۳۷= $F^c_i(V_N)$، ۱۸/۸۵= Fci(VP)، ۲۱/۹۸= Fci(VK)، ۱۸/۱۵= $F^c_i(V_{Ca})$، ۲۱= $F^c_i(V_{Mg})$، ۲۱/۵۴= $F^c_i(V_{Fe})$، ۲۱/۱۴= $F^c_i(V_{Mn})$، ۱۸/۴= $F^c_i(V_{Zn})$، ۱۸/۲۹= $F^c_i(V_{Cu})$، ۱۷/۰۷= $F^c_i(V_B)$ و ۱۹/۸۶= $F^c_i(V_{Rd})$ تن در هکتار محاسبه شد. معادله درجه ۳ تابع تجمعی نسبت واریانس با عملکرد برای همه عناصر به جز مس ($R^2$=۰/۲۱) معنی‌دار بود و ضریب تبیین بالایی ($p$≤۰/۰۱، ۰/۹۹ – $R^2$=۰/۸۲) داشت (شکل ۱ و جدول ۳). همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود بیشترین میانگین عملکرد مربوط به عنصر پتاسیم (۲۱/۹۸) بود و کم‌ترین مقدار آن برای عنصر نیتروژن (۱۵/۳۷) به دست آمد. بر اساس نتایج، مقدار عملکرد ۲۳ تن در هکتار به عنوان عملکرد حد واسط برای تفکیک دو گروه عملکردی کم و زیاد از یکدیگر در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از تابع توزیع تجمعی واریانس در تفکیک گروه های عملکردی نشان داد که درصد بالایی از باغات (۲۱ باغ از ۲۸ باغ مورد مطالعه) معادل ۷۵ درصد در گروه باغات با عملکرد کم و ۲۵ درصد (۷ باغ) در گروه با عملکرد زیاد قرار گرفتند. پس از عنصر نیتروژن، عناصر بور، کلسیم و مس به عنوان عناصر غذایی محدودکننده در تولید به در باغات مورد مطالعه به حساب می‌آیند (جدول ۳). بر اساس نتایج پژوهش بصیرت و همکاران (Basirat *et al*., 2018) در ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای عناصر غذایی باغات پرتقال رقم والنسیا در جنوب استان فارس با روش تشخیص چندگانه، عملکرد ۱۱۳ کیلوگرم بر درخت به عنوان عملکرد حد واسط برای تفکیک باغات به دو گروه عملکرد زیاد و کم در نظر گرفته شد. بر اساس جدول ۴ میانگین غلظت مطلوب برای عنصر نیتروژن ۱/۹۹ درصد به دست آمد. از سوی دیگر دامنه تغییرات غلظت نیتروژن برگ باغات مطالعه شده از ۱/۱۸ تا ۲/۹ درصد مشاهده شد (جدول ۲). بررسی نتایج غلظت نیتروژن در برگ درختان (به) ۲۸ باغ مورد مطالعه نشان داد که در حدود ۶۴/۳ درصد از باغات مورد مطالعه مقدار نیتروژن برگ کمتر از میانگین غلظت مطلوب آن است.

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر پر مصرف است که اثر زیادی بر باردهی درختان، کیفیت میوه، عملکرد و رشد درخت دارد. کمبود نیتروژن، سبب کاهش رشد درخت، عملکرد میوه و ریزش اولیه برگ‌ها می‌شود. بنابراین کمبود آن نقش کلیدی در کاهش عملکرد خواهد داشت (Babalar *et al*., 2015). لازم به ذکر است که میانگین غلظت مطلوب، میانگین غلظت عناصر در باغات با عملکرد بیشتر از عملکرد حد واسط است (Chakerolhosseini *et al*., 2016). میانگین غلظت مطلوب برای عنصر بور ۳۳/۷۵ محاسبه شد (جدول ۴). دامنه تغییرات غلظت بور برگ باغات مطال عه شده از ۲۲/۵ تا ۵۴/۵ میلی‌گرم بر کیلو گرم مشاهده شد (جدول ۲). بررسی‌ها نشان داد که غلظت بور نیز در ۶۰/۷۱ درصد از باغات مطالعه شده از میانگین غلظت مطلوب کمتر بود. بر اساس پژوهش‌ها از وظایف اصلی بور می‌توان به نقش آن در جوانه زنی دانه گرده، تشکیل میوه و انتقال مواد فتوسنتزی به محل مصرف اشاره کرد (Nyomora *et al*., 1997). کمبود بور می‌تواند سبب اختلال در لقاح و ریزش گل‌ها یا تولید میوه‌های کوچکتر شود (Castr and Sotomayor, 1997).

**جدول ۲- دامنه غلظت عناصر غذایی در برگ درختان (به) در باغات مورد مطالعه**

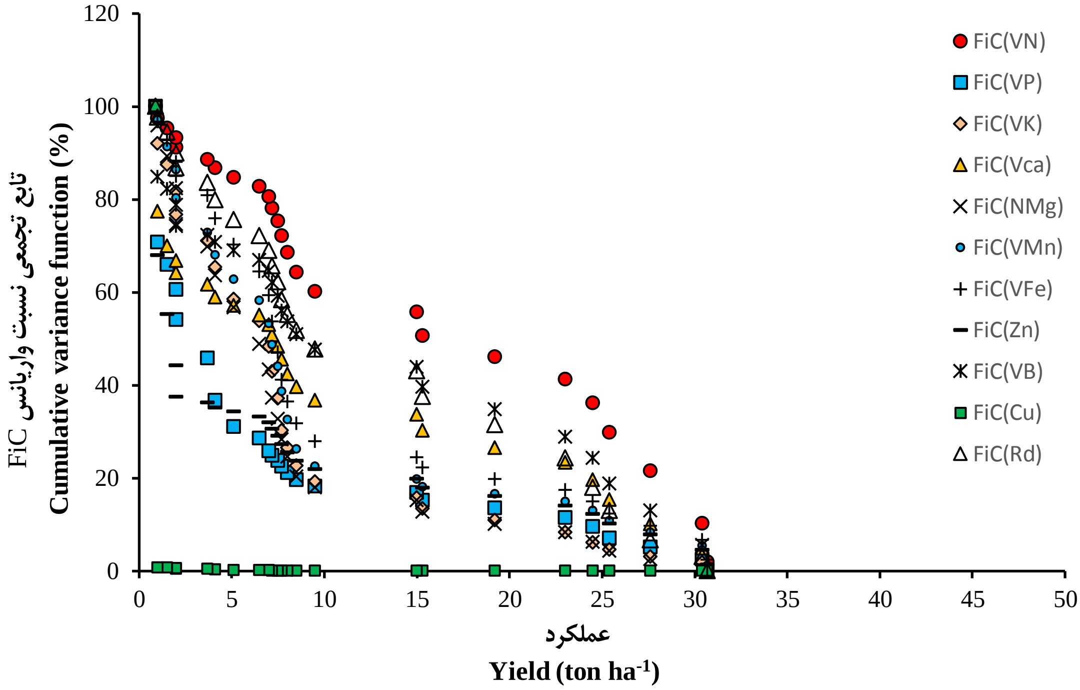
**Table 2- Concentration range of nutrients in the leaves of quince trees in studied orchards**

| بور<br>B | مس<br>Cu | روی<br>Zn | منگنز<br>Mn | آهن<br>Fe | منیزیم<br>Mg | کلسیم<br>Ca | پتاسیم<br>K | فسفر<br>P | نیتروژن<br>N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mg kg-1 | | | | | % | | | | |
| 22.5-54.5 | 2.5-82.1 | 6.4-46.6 | 34.5-99.4 | 60.4-256.2 | 0.25-0.6 | 0.39-1.63 | 1.35-2.13 | 0.31-0.82 | 1.18-2.9 |

جدول ۳- برآورد عملکرد حد واسط (نقطه عطف منحنی) بر اساس روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی ($F_i^c(V_X)$)

Table 3- Estimation of mean yield (inflection points) based on cumulative variance function of logarithmic nutrients ratio

| عناصر غذایی Nutrients | معادله $F_i^c(V_X) = aY^3 + bYy^2 + cY + d$ | $R^2$ | نقطه عطف (-b/3a) (ton ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| N | $-0.0053x^3 + 0.2445x^2 - 5.7668x + 104.92$ | 0.98 | 15.37 |
| P | $-0.0132x^3 + 0.7465x^2 - 13.381x + 87.30$ | 0.94 | 18.85 |
| K | $-0.0091x^3 + 0.6002x^2 - 13.336x + 107.61$ | 0.97 | 21.98 |
| Ca | $-0/0071x^3 + 0/3867x^2 - 7/9601x + 87/428$ | 0.95 | 18.15 |
| Mg | $-0.0112x^3 + 0.7065x^2 - 14.762x + 110.12$ | 0.98 | 21.03 |
| Fe | $-0.0081x^3 + 0.5236x^2 – 11.958x + 111.41$ | 0.97 | 21.54 |
| Mn | $-0.0096x^3 + 0.6089x^2 - 13.146x + 110.67$ | 0.98 | 21.14 |
| Zn | $-0.01x^3 + 0.5521x^2 - 9.9611x + 74.291$ | 0.82 | 18.40 |
| Cu | $-0.0083x^3 + 0.4555x^2 - 7.2619x + 30.256$ | 0.21 | 18.29 |
| B | $-0.0059x^3 + 0.3022x^2 – 6.7369x + 94.125$ | 0.97 | 17.07 |
| Rd | -0.0048x3 + 0.2861x2 - 7.6544x + 105.35 | 0.99 | 19.86 |




شکل ۱- نمودار تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و بخش باقیمانده در برابر عملکرد میوه

Figure 1- The cumulative variance function of nutrient elements and residual value related to fruit yield

نتایج پژوهش سید کلایی و همکاران (Seedkolai *et al.*, 2015) در بررسی اثر محلول‌پاشی نیتروژن، بور و روی بر عملکرد پرتقال تامسون ناول نشان داد که مصرف همزمان اوره با غلظت ۳ در هزار و اسید بوریک با غلظت ۰/۵ در هزار، بیشترین میزان عملکرد را به مقدار ۶۹/۸۳ کیلو گرم در درخت به دنبال خواهد داشت. از سوی دیگر پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مقدار زیاد پتاسیم در خاک و یا کاربرد زیاد کودهای پتاسیم، می‌تواند تعادل کلسیم در گیاه را بهم بزند (Samadi and Azizi, 2011). چاکرالحسینی و همکاران (Chakerolhosseini *et al.*, 2016) در بررسی وضعیت تغذیه‌ای باغات پرتقال با استفاده از روش CND مشاهده نمودند که بیشترین میانگین عملکرد مربوط به عنصر پتاسیم است که با نتیجه این پژوهش همخوانی دارد. به علاوه این پژوهشگران کلسیم را نیز به عنوان چهارمین عنصر محدود کننده در پژوهش خود بیان نمودند که مشابه با نتایج پژوهش حاضر است. بررسی مقادیر مس اندازه‌گیری شده در برگ درختان (به) (دامنه تغییرات ۲/۵ تا ۸۲/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم (جدول ۲)) و مقایسه آنها با میانگین غلظت مطلوب عنصر مس (۸/۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نشان داد که تقریبا در ۵۳/۵۷ درصد باغات مورد مطالعه کمبود این عنصر مشهود است. با توجه به داده‌های حاصل از این مطالعه یکی از دلایل قرار گرفتن درصد بالایی از باغات در گروه عملکرد کم را می‌توان عدم تعادل عناصر غذائی و کم بودن غلظت عناصر غذایی مطلوب در این باغات دانست.

جدول ٤- اعداد مرجع روش تشخیص چندگانه (CND) و میانگین غلظت مطلوب عناصر غذایی در باغات به

Table 4- Compositional nutrient diagnosis norms and mean optimum concentration of nutrient in quince orchards

| عناصر<br>Nutrients | اعداد مرجع CND<br>CND norms | میانگین نرم<br>Norms mean | انحراف معیار نرم<br>Norm SD | میانگین غلظت مطلوب<br>Mean optimum concentration | انحراف معیار<br>SD |
|---|---|---|---|---|---|
| N | $V^*_N$ | 2.91 | 0.26 | 1.99 | 0.47 |
| P | $V^*_P$ | 1.39 | 0.23 | 0.43 | 0.08 |
| K | $V^*_K$ | 2.91 | 0.13 | 1.95 | 0.13 |
| Ca | $V^*_{Ca}$ | 2.13 | 0.54 | 1.01 | 0.42 |
| Mg | $V^*_{Mg}$ | 1.35 | 0.19 | 0.42 | 0.09 |
| Fe | $V^*_{Fe}$ | -2.01 | 0.26 | 152.1 | 55.20 |
| Mn | $V^*_{Mn}$ | -3.12 | 0.18 | 47.87 | 10.41 |
| Zn | $V^*_{Zn}$ | -3.97 | 0.59 | 24.18 | 14.22 |
| Cu | $V^*_{Cu}$ | -4.85 | 0.27 | 8.67 | 2.52 |
| B | $V^*_B$ | -3.51 | 0.39 | 33.75 | 13.18 |
| | $V^*_{Rd}$ | 6.78 | 0.16 | | |
| | $V^*\Sigma$ | 0 | | | |

غلظت عناصر پر مصرف و کم‌مصرف به ترتیب بر حسب درصد و میلی‌گرم بر کیلوگرم است.

The concentration of macro and micro nutrients are in % and mg kg$^{-1}$, respectively.

بر اساس نتایج تعیین حد بحرانی عناصر غذایی به روش CND، مقدار پارامتر Rd تنها در ۱۷درصد از باغات کمتر از مقدار بهینه بود و در ۸۳ درصد از باغات بیشتر از مقدار بهینه مشاهده شد.

در روش تشخیص چندگانه غلظت عناصر (CND) در گروه با عملکرد زیاد به عنوان اعداد مرجع یا نرم‌ها یا همان حد بهینه در نظر گرفته می‌شوند (Khiari *et al.*, 2001a,b). اعداد مرجع CND محاسبه شده ($V_X^*$) در این پژوهش در جدول ۴ گزارش شده‌اند. با توجه به این جدول، مقادیر برخی از اعداد مرجع مثبت و برخی منفی محاسبه شد. بر اساس رابطه ۳ ذکر شده در بخش مواد و روش‌ها ($V_X$= ln(X/G))، هرگاه مقدار عددی داخل پرانتز کمتر از یک محاسبه شود، مقدار اعداد مرجع منفی به دست می‌آید. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در نهایت مجموع اعداد مرجع در روش CND صفر می‌شود که این مطلب درستی محاسبات و روش کار را نشان می‌دهد (جدول ۴).

نتایج سایر پژوهش‌ها نیز تاییدکننده این موضوع است (Chakerolhosseini *et al.*, 2016; Sharifmand *et al.*, 2018; Zandi *et al.*, 2021). میانگین غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گروه باغات با عملکرد کم به ترتیب ۱/۸۳، ۰/۴۵، ۱/۶۷، ۱/۲۳ و ۰/۴۳ درصد به دست آمد. میانگین غلظت عناصر آهن، منگنز، روی، مس و بور در گروه با عملکرد کم به ترتیب ۱۰۱/۲، ۶۵/۱۸، ۱۴/۴۵، ۱۱/۵ و ۳۴/۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مقایسه غلظت عناصر غذایی بین دو گروه با عملکرد کم و زیاد نشان داد که غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، آهن و روی در گروه با عملکرد زیاد به ترتیب ۸/۲۷، ۱۴/۴۳، ۳۳/۴۸ و ۴۰/۲۲ درصد بیشتر از غلظت این عناصر در گروه با عملکرد کم است. این یافته می‌تواند بیانگر نقش و اهمیت این عناصر در تولید محصول و عملکرد آن باشد.

با استفاده از اعداد مرجع (نرم) محاسبه شده و روابط مربوطه، شاخص عناصر غذایی CND یا ($I_X$) در مزارع مورد مطالعه به دست آمد. شاخص‌های CND نشان‌دهنده ترتیب نیاز غذایی و وضعیت تغذیه ای در باغات مطالعه شده است. ترتیب عناصر غذایی از منفی‌ترین به مثبت‌ترین نشان‌دهنده الویت عناصر غذایی مورد نیاز است. به عنوان نمونه شاخص عناصر غذایی CND در برخی از باغات گروه با عملکرد کم در جدول ۵ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، در بیشتر باغات در بین عناصر پرنیاز منفی‌ترین شاخص مربوط به عنصر پتاسیم و مثبت‌ترین مقدار آن مربط به عنصر منیزیم است. شاخص پتاسیم در ۷۱/۴ درصد از باغات با عملکرد کم، منفی به دست آمد. شاخص نیتروژن نیز در ۶۷/۷ درصد از باغات در رتبه دومین الویت نیازی در بین عناصر پرمصرف قرار گرفت. نیتروژن اهمیت زیادی در رشد رویشی، گلدهی و تشکیل و درشت شدن غده دارد. در بسیاری از باغات با عملکرد کم، مقدار کربن آلی خاک بسیار کم بود. همچنین در بیشتر این باغات خاک سطحی کم عمق و دارای شن و سنگریزه زیاد بود که سبب ظرفیت کم نگه‌داری آب و عناصر غذایی ازجمله نیتروژن در این خاک‌ها شده است. این عوامل سبب می‌شود که بخش زیادی از کودهای نیتروژنی استفاده شده در باغات آبشویی شده و از دسترس گیاه خارج شود. در بین عناصر کم‌مصرف در ۶۷/۷ درصد از باغات با عملکرد کم، منفی‌ترین شاخص برای عنصر آهن به دست آمد. پس از آهن، روی و مس در درجه بعدی نیاز غذایی در اکثر باغات قرار گرفتند. (جدول ۵). مقدار آهک در باغات مورد مطالعه از ۱۴ تا ۴۵/۵ درصد و با میانگین ۳۰/۵ درصد متغیر بود، به‌گونه‌ای که در ۸۰ درصد باغات مقدار آن بیشتر از ۳۰ درصد بود. وجود شرایط آهکی می‌تواند موجب کاهش جذب عناصر آهن، روی و مس توسط گیاه شود. این مطلب با نتایج

پژوهش مطلبی‌فرد (Motalebifard, 2022) در ارزیابی وضعیت تغذیه ای باغات انگور همدان به روش CND همخوانی دارد.

مقادیر مقدار شاخص بحرانی عناصر غذایی ($I^2_X$) با استفاده از مقادیر شاخص عناصر غذایی CND ($I_X$) محاسبه و در جدول ۶ نشان داده شده است. در روش تشخیص چندگانه، اعداد مرجع حاصل اثرات متقابل عناصر و تحت شرایط محیطی متفاوت بوده و شاخص‌های عناصر غذایی در این روش، متغیری مستقل و نرمال هستند (Chakerolhosseini *et al.*, 2016). مقدار شاخص تعادل عناصر غذایی از مجموع شاخص بحرانی عناصر غذایی ($r^2=\Sigma I^2_x$) به دست می آید و در جدول ۶ ذکر شده است.

شاخص تعادل عناصر غذایی CND ($r^2$) در باغات مورد مطالعه تعیین و رابطه میان این شاخص با عملکرد به صورت نمودار مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۲). شاخص $r^2$ برای ارزیابی وضعیت تعادل تغذیه‌ای استفاده می‌شود و مقادیر آن می‌تواند صفر و بزرگتر از صفر باشد. هرچه مقدار شاخص $r^2$ به صفر نزدیکتر باشد بیانگر وجود شرایط تعادل تغذیه‌ای مناسب است و هرچه از صفر بزرگتر باشد عدم تعادل تغذیه‌ای بیشتر می‌شود. شاخص تعادل تغذیه‌ای رابطه معکوسی با میزان عملکرد دارد. این مطلب در شکل ۲ کاملا مشهود است؛ میانگین شاخص تعادل تغذیه‌ای در باغات (به) مورد مطالعه ۱۷/۷ محاسبه شد. میانگین شاخص تعادل تغذیه‌ای در باغات با عملکرد زیاد ۸/۲۸ و در باغات با عملکرد کم ۲۰/۸۵ به دست آمد. همچنین بیشترین مقدار شاخص تعادل تغذیه‌ای (۹۳/۳) مربوط به عملکرد ۷/۵ تن در هکتار بود. شاخص تعادل عناصر غذایی ($r^2$) به روش کیت- نیلسون بر اساس تابع توزیع آماری کای اسکوئر ($K^2$) با درجه آزادی d +۱ (درجه آزادی برابر با ۱۱) و فرمول مربوط CHIINV(Probability, deg-freedom) در نرم‌افزار اکسل محاسبه شد و مقدار آن ۱۴/۴ برای عملکرد ۲۳ تن در هکتار به دست آمد. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، بر اساس روش ترسیمی کیت- نیلسون برای عملکردهای بیشتر از ۲۳ تن در هکتار، مقدار شاخص تعادل تغذیه‌ای از ۱۴/۴ به طرف صفر میل می‌کند (ناحیه ۴) و برای عملکردهای کمتر از ۲۳ تن در هکتار این شاخص از صفر بیشتر شده و به مقادیر بیشتر از ۱۴/۴ میل می‌کند (ناحیه ۲).

**جدول ۵- شاخص عناصر غذایی CND و الویت نیاز غذایی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف**

**Table 5- CND nutrients index and macro and micro nutrients requirement preference**

| | شاخص عناصر غذایی CND<br>CND nutrients index | | | | | | | | | | الویت نیاز عنار غذایی<br>Nutrients requirement rank | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عملکرد<br>Yield | $I_N$ | $I_P$ | $I_K$ | $I_{Ca}$ | $I_{Mg}$ | $I_{Fe}$ | $I_{Mn}$ | $I_{Zn}$ | $I_{Cu}$ | $I_B$ | عناصر پرنیاز<br>Macro nutrients | عناصر کم‌نیاز<br>Micro nutrients | $r^2$ |
| 15.3 | -0.87 | 0.25 | -1.61 | 1.15 | 1.94 | 0.45 | 0.24 | -0.91 | -1.39 | 0.22 | K>N>P>Ca>Mg | Cu>Zn>B>Mn>Fe | 11.61 |
| 9.5 | -0.31 | -0.41 | -2.89 | 0.62 | 1.5 | -2.31 | 3.07 | 0.19 | -1.12 | 0.36 | K>P>N>Ca>Mg | Fe>Cu>Zn>B>Mn | 27.44 |
| 7.5 | -0.34 | -0.09 | -3.7 | 0.53 | -1.33 | -2.89 | 1.98 | -1.14 | 7.87 | -0.88 | K>Mg>N>P>Ca | Fe>Zn>B>Mn>Cu | 93.31 |
| 6.5 | 0.06 | 2.54 | -2.02 | 0.57 | 1.1 | -1.74 | -0.22 | -0.45 | -0.02 | -0.09 | K>N>Mg>Ca>P | Fe>.Zn>Mn>Cu>B | 15.52 |
| 3.7 | -0.32 | 0.74 | -1.1 | 0.0 | -0.16 | -1.55 | 0.81 | 0.1 | 0.51 | 0.35 | K>N>Mg>Ca>P | Fe>Zn>B>Cu>Mn | 5.34 |
| 0.9 | -0.81 | 0.34 | 1.05 | 0.55 | 1.54 | -2.33 | 2.21 | -1.44 | -1.23 | 1.31 | N>P>Ca>K>Mg | Fe>Zn>Cu>B>Mn | 22.84 |

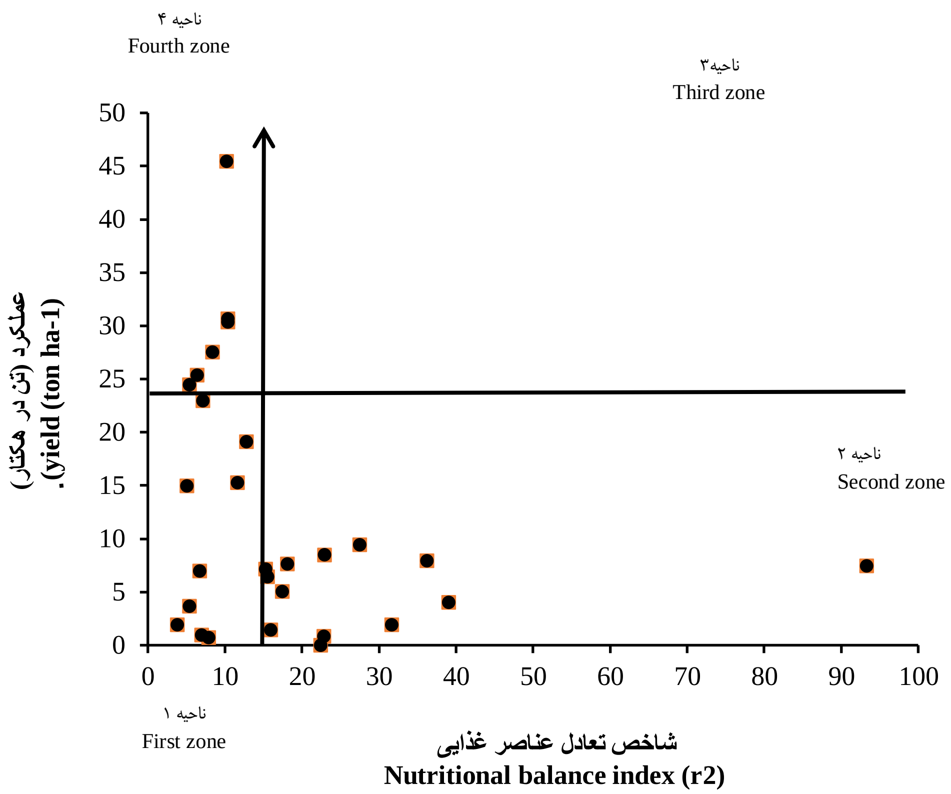
واحد عملکرد تن در هکتار است.

The yield unit is ton per hectare.

**جدول ٦- شاخص بحرانی ($I^2_X$) و شاخص تعادل ($r^2$) عناصر غذایی**

**Table 6- Critical index and nutritional balance index ($r^2$)**

| عناصر غذایی<br>Nutrients | نیتروژن<br>N | فسفر<br>P | پتاسیم<br>K | کلسیم<br>Ca | منیزیم<br>Mg | آهن<br>Fe | منگنز<br>Mn | روی<br>Zn | مس<br>Cu | بور<br>B | باقیمانده<br>Rd |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شاخص بحرانی<br>($I^2_X$) | 0.55 | 0.75 | 2.28 | 0.56 | 1.27 | 2.58 | 4.33 | 0.92 | 3.48 | 0.55 | 0.72 |
| | | | | | | | | | | | $\Sigma I^2_X=r^2=17.99$ |




**شکل ۲- رابطه بین عملکرد (تن در هکتار) و شاخص تعادل عناصر غذایی ($r^2$) در (به)**

**Figure 2- Relationship between yield (ton ha$^{-1}$) and nutritional balance index ($r^2$) in quince**

بر اساس شکل ۲، ۲۵ و ۷۵ درصد از باغات (به) ترتیب در دو گروه عملکرد زیاد و کم قرار گرفتند. به علاوه بیشتر نقاط در ناحیه دوم و چهارم نمودار واقع شدند که بیانگر صحت برآورد شاخص‌های عناصر غذایی است. نتایج پژوهش زندی و همکاران (Zandi *et al*. 2021) نشان داد که مقدار شاخص تعادل عناصر غذایی در همه مدیریت‌های کودی بیش از یک بود که نشان‌دهنده عدم تعادل عناصر غذایی در مدیریت‌های کودی مختلف بود. پژوهشگران دیگری نیز در رابطه با استفاده از شاخص تعادل تغذیه‌ای به نتایج مشابهی دست یافتند (Motalebifard, 2022; Sharifmand *et al*., 2018; Chakerolhosseini *et al*., 2016).

## نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عملکرد ۲۳ تن در هکتار به عنوان عملکرد حد واسط در نظر گرفته شد. بر اساس عملکرد حد واسط، اعداد مرجع و شاخص‌های عناصر غذایی تعیین شده، ۲۵ درصد باغات (به) مورد مطالعه در گروه با عملکرد زیاد و ۷۵ درصد در گروه با عملکرد کم قرار گرفتند. میانگین عملکرد در کل باغات ۱۲/۱ تن در هکتار و در باغات با عملکرد زیاد و کم به ترتیب ۲۹/۶ و ۶/۳ تن در هکتار به دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری داشتند. بررسی شاخص عناصر غذایی CND نشان داد که در گروه باغات با عملکرد کم و در بین عناصر غذایی پرمصرف بیشترین الویت نیاز غذایی مربوط به عناصر پتاسیم و نیتروژن بود. از آنجا که بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه از مواد آلی خاک تامین می‌شود، کمبود ماده آلی خاک‌ها و نیز سبک بودن بافت خاک می‌تواند از دلایل منفی شدن شاخص نیاز غذایی نیتروژن باشد. همچنین در بین عناصر کم‌مصرف بیشترین نیاز غذایی برای عناصر آهن، روی و مس محاسبه شد. این یافته می‌تواند ناشی از مقدار زیاد آهک خاک‌ها باشد. در بین عناصر پرمصرف منیزم مثبت‌ترین شاخص نیاز غذایی را به خود اختصاص داد و در بین عناصر کم‌مصرف مثبت‌ترین شاخص برای منگنز مشاهده شد. برآورد شاخص تعادل تغذیه‌ای نشان داد که مقدار $r^2$ در باغات با عملکرد کم ۶۰/۳ درصد بیشتر از باغات با عملکرد زیاد است. به علاوه میانگین شاخص تعادل تغذیه‌ای در باغات با عملکرد کم معادل ۲۰/۸۵ بود که تفاوت زیاد آن با عدد صفر حاکی از وجود عدم تعادل تغذیه‌ای عناصر غذایی در این باغات و نیاز مبرم به توجه به این موضوع است.

## منابع


1. Anonymous. (2021). *Agricultural statistics*. Third volume: Crops Jihade-Agriculture Ministry, Tehran, Iran. P: 25-26.
2. Anonymous. (2016). Performance analysis report Seed and Plant Certification and Registration Institute.
3. Babalar, M., Mohebi, M., Askari, M.A., & Talaee, A. (2015). Effect of iron and nitrogen application on quantitative and qualitative characteristics of apple "cv. Fuji". *Iranian Journal of Horticultural Science*, *46*(3), 399-407. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhs.2015.55861
4. Basirat, M., Akhiani, A., & Daryashenas, A. (2016). Estimating sufficiency norms in compositional nutrient diagnosis (CND1) method for Shahroudi table grape. *Iranian Journal of Soil Research*, *30*(1), 1-11. (In Persian with English abstract)
5- Basirat, M., Haghighatnia, H., & Mousavi, S.M. (2018). Evaluation and determination of the nutritional status of valencia orange orchards in south of Fars province. *Journal of Water and Soil*, *32*(1), 143-154. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JSW.V32I1.67597
6. Bremner, J.M., & Mulvaney, C.S. (1982). *Nitrogen-Total*. p. 595–622. In: Page A.L., Miller R.H., & Keeney D.R., (eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
7. Castr, J., & Sotomayor, C. (1997). The influence of boron and zinc sprays bloomtime on almond fruit set. *Acta Hortic* 470: 402-405. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.470.55
8. Chakerolhosseini, M.R., Khorassani, R., Fotovat, A., & Basirat, M. (2016). Determination of norms and limitation of nutrients for orange by the compositional nutrient diagnosis method. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, *6*(3), 161-172. (In Persian with English abstract)
9. Daryashenas, M., & Dehghani, F. (2006). Determination of DRIS reference norms for pomegranate in Yazd province. *Iranian Journal of Soil Research*, *20*(1), 1-9. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/IJSR.2006.127142.
10. Daryashenas, M., & Saghafi, K. (2011). Compositional nutrient diagnosis in sugar beet. *Iranian Journal of Soil Research*, *25*(1), 1-12. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/IJSR.2011.126454.
11. Daryashenas, M., & Rezai, H. (2011). Determination of DRIS reference norms for autumn sugar beet in Khuzestan province. *Journal of Sugar Beet*, *26*(2), 185-204. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/JSB.2011.945.
12. Feyzizadeh, M., & Samadi, A. (2016). Comparing of deviation from optimum percentage (DOP) method and diagnostic recommendation integrated system (DRIS) for nutritional balances of onion (*Allium cepa* L.). *Water and Soil Science*, *26*(2/3), 271-286. (In Persian with English abstract)
13. Gee, G.W., & Bauder, J.W. (1982). *Particle size Analysis*. p. 404–408. In: Page, A.L., Miller R.H., & Keeney D.R., (eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
14. Geiklooi, A., Reyhanitabar, A., & Najafi, N. (2021). Critical indexes of compositional nutrient diagnosis (CND) and its validation in wheat fields. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, *38*(3), 480-504. https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n3.02.
15. Hernandez-Caraballo, E.A., Rodriguez-Rodriguez, O., & Rodriguez-Perez, V. (2008). Evaluation of the Boltzmann equation as an alternative model in the selection of the high-yield subsample within the framework of the compositional nutrient diagnosis system. *Environmental and Experimental Botany*, *64*(3), 225-231. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.05.010.
16. Hosseini, Y., Saleh, J., & Chakerolhosseini, M.R. (2020). Evaluation of nutritional status of lime orchards in Hormozgan province of Iran using compositional nutrient Diagnosis Method. *Journal of Crop Production and Processing*, *10*(2), 81-92. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.47176/jcpp.10.2.34401.
17. Issac, A. Robert. (1990). Associate chapter Editor, Methods of Plant Analysis, Official Methods of Analysis of the A.O.A.C.
18. Khanmohammadi, Z., Khoshgoftarmanesh, A.H., & Melali, A.H. (2010). *Methods of Plant Analysis*. Academic Jihad Publishing Center, Isfahan Industrial Unit.
19. Khiari, L., Parent, L.E., & Tremblay, N. (2001a). Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. *Agronomy Journal*, 93, 809-814. https://doi.org/10.2134/agronj2001.934809x.
20. Khiari, L., Parent, L.E., & Tremblay, N. (2001b). The Phosphorus compositional nutrient diagnosis range for potato. *Agronomy Journal*, *93*, 815-819. https://doi.org/10.2134/agronj2001.934815x.
21. Knudsen D., Peterson G.A., & Pratt P.F. (1982). *Lithium, sodium, and potassium*. p. 225–246. In: Page A.L., Miller R.H., & Keeney D.R., (eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
22. Lindsay, W.L., & Norvell, W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil*

*Science Society of American Journal*, *42*, 421–428.

23. Motalebifard, R. (2022). Evaluation of nutritional status of Hamedan province grape fields by compositional nutrient Diagnosis Method. *Journal of Water and Soil*, *36*(3), 365-375. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jsw.2022.74703.1137.
24. Nelson, R.E. (1982). *Carbonate and Gypsum*. p. 181–196. In: Page A.L., Miller R.H., & Keeney D.R., (eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
25. Nelson, D.W., & Sommers, L.E. (1982). *Total carbon, organic carbon and organic matter*. p. 539–579. In: Page A.L., Miller R.H., & Keeney D.R., (eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
26. Nyomora, A.M.S., Brown, P.H., & Freeman, M. (1997). Fall foliar applied boron increases boron concentration and nut set of almond. *Journal of American Society for Horticultural Science*, *122*(3), 405-410. https://doi.org/10.21273/JASHS.122.3.405.
27. Olsen, S.R., & Sommers, L.E. (1982). *Phosphorus*. p. 403–430. In: Page A.L., Miller R.H., & Keeney D.R., (eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
28. Page, A.L., Miller, R.H., & Keeney, D.R. (1982). *Methods of Soil Analysis*, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
29. Parent, L.E., & Dafir, M. (1992). A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *Journal of American Society Horticulture Science*, *117*, 239-242. https://doi.org/10.21273/JASHS.117.2.239.
30. Postman, J.D. (2012). Quince (*Cydonia oblonga* Mill.) center of origin provides sources of disease resistance. *Acta Horticulturae*, *948*, 229-234. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.948.26.
31. Samadi, A., & Azizi, M. (2011). Norms establishment of the Diagnosis and recommendation intergrated system (DRIS) and comparison with DOP approach for nutritional Diagnosis of seedless grape (Sultana, cv) in Western Azarbaijan province, Iran. *Iranian Journal of Soil Research*, *24*(2), 89-105. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/IJSR.2010.126553.
32. Sharifmand, M., Sepehr, E., & Bybordi, A. (2018). Evaluation of nutritional status of squash by Compositional nutrient diagnosis (CND) method in Khoy region. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *48*(5), 1007-1013. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/IJSWR.2018.225775.667619.
33. Seedkolai, F., Sadeghi, H., & Moradi, H. (2015). Effects of foliar applications of nitrogen, boron and zinc on auxin contents, fruit set and fruit drop in orange (*Citrus sinensis*) cv. Thompson Navel. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *46*(3), 367-378. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhs.2015.55858.
34. Taheri, M., Vahedi, S., & Abasi, M. (2010). Comparison of nutrient status in different olive varieties with nutrition indicators. *Pomology Research Scientific Journal*, *5*(1), 44-59. (In Persian with English abstract)
35. Zandi, S., Fatemi, A., Saiedi, M., & Hamedi, F. (2021). Investigation of different fertilizer management effect on nutritional status of apple by compositional nutrient diagnosis. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, *2*(11), 91-107. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22069/EJSMS.2021.18030.1951.